

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-314198

(43)Date of publication of application : 25.10.2002

(51)Int.Cl.

H01S 5/22

H01S 5/323

(21)Application number : 2001-115174

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 13.04.2001

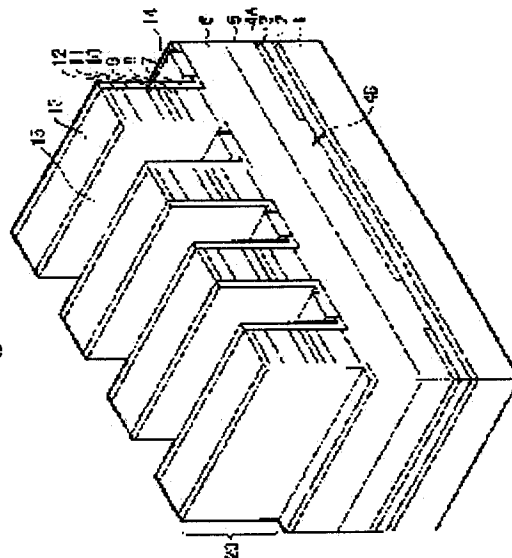
(72)Inventor : UCHIDA SHIRO

(54) SEMICONDUCTOR LASER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a multi-beam semiconductor light emitting device which is composed of group III-V nitride semiconductor layers and by which a high power can be attained with a simple structure.

SOLUTION: A buffer layer 2 and a seed crystal layer 3 are formed on a substrate 1 and bands of growth suppressing layer 4A and openings 4B are alternately provided at specified intervals on them. A GaN nitride semiconductor layer 5 is further grown on them from the openings 4B by a lateral growth technique. The nitride semiconductor layer 5 has low-defect parts including the lateral growth region and high-defect regions including through transpositions D1 and D2 which are generated on the top of the openings 4B and in assembled parts M. They are periodically formed according to the interval of the growth suppressing layer 4A. Light emitting parts 20 are periodically formed at specified intervals on the low-defect parts and (n) side electrodes 14 are formed in parts where the high-defect parts are removed. The light-emitting parts 20 are formed by etching with the mask of (p) side electrodes at one time.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-314198
(P2002-314198A)

(43) 公開日 平成14年10月25日 (2002. 10. 25)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターミナル* (参考)
H 0 1 S 5/22	6 1 0	H 0 1 S 5/22	6 1 0 5 F 0 7 3
5/323	6 1 0	5/323	6 1 0

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-115174(P2001-115174)

(22) 出願日 平成13年4月13日 (2001. 4. 13)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号

(72) 発明者 内田 史朗

宮城県白石市白鳥 3 丁目 53 番地の 2 ソニ

ー白石セミコンダクタ株式会社内

(74) 代理人 100098785

弁理士 藤島 洋一郎

Fターム(参考) 5F073 AA45 AA61 AA83 AA84 CA02

CA07 CB05 DA05 DA25 DA30

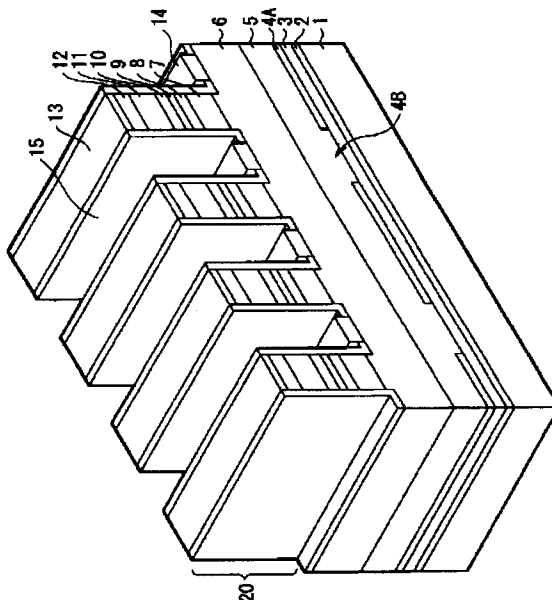
DA32 EA24

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ

(57) 【要約】

【課題】 簡易な構成で高出力を達成することが可能な III-V 族窒化物半導体層からなるマルチビームの半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 基板 1 の上にバッファ層 2、種結晶層 3 が形成され、その上に帯状の成長抑止層 4 A、開口部 4 B が所定の間隔で交互に設けられている。更にその上には、横方向成長技術により開口部 4 B から成長させた GaN の窒化物半導体層 5 が形成されている。窒化物半導体層 5 には、横方向成長領域を含む低欠陥部分と、開口部 4 B の上部と会合部 M に発生する貫通転位 D₁、D₂ を含んだ高欠陥領域とが存在する。これらは、成長抑止層 4 A の間隔に従って周期的に形成されている。このうち低欠陥部分の上に発光部 20 が所定の間隔で周期的に形成され、高欠陥部分を除去したところへ n 側電極 14 が形成されている。この発光部 20 は、p 側電極 13 をマスクとしたエッチングにより一度に形成される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 窒化物系ⅢⅢ-Ⅴ族化合物よりなり、結晶部と離間部とを有する種結晶部と、前記種結晶部を基に形成された低欠陥領域、および、前記離間部に対応する領域に形成された会合部を含む窒化物半導体層と、各々、前記窒化物半導体層の低欠陥領域に対応して電流注入領域を有する複数の発光部とを備えたことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 前記発光部は、前記結晶部と前記会合部の間の領域に対応して電流注入領域を有していることを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザ。

【請求項3】 前記発光部は、前記会合部同士の間領域に対応して電流注入領域を有していることを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザ。

【請求項4】 前記発光部の上に第1の伝導型の電極が設けられ、前記発光部と前記第1の伝導型の電極とは平面形状が一致していることを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザ。

【請求項5】 前記発光部の上に第1の伝導型の電極が設けられると共に、前記隣り合う発光部の間に第2の伝導型の電極が設けられていることを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザ。

【請求項6】 前記第1の伝導型の電極と前記第2の伝導型の電極とは同一の周期間隔で並んでいることを特徴とする請求項5に記載の半導体レーザ。

【請求項7】 前記種結晶部は、 GaN または $Al_xGa_{1-x}N$ (x は $0 \leq x \leq 1$) となることを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、窒化物系ⅢⅢ-Ⅴ族化合物よりなる半導体レーザに係り、特に、複数の発光部を有する半導体レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】 GaN 、 $AlGaN$ 混晶あるいは $GaInN$ 混晶などに代表される窒化物系ⅢⅢ-Ⅴ族化合物は、そのいずれもが直接遷移型の半導体である。しかも、この系においては、バンドギャップは室温で1.9 eV～6.2 eVと広範にわたり、これに対応して紫外域から可視全域に対する発光が得られることから、半導体レーザ(Laser Diode; LD)の材料として注目されている。

【0003】この半導体レーザは、基板上に気相成長法を用いて積層された窒化物系ⅢⅢ-Ⅴ族化合物半導体層により発光部が構成されている。その場合の基板には、通常、窒化物系ⅢⅢ-Ⅴ族化合物とは異なる材質のものが用いられており、主にサファイア($\alpha-Al_2O_3$)基板が使用されている。しかし、サファイアと窒化物系ⅢⅢ-Ⅴ族化合物とは格子定数や熱膨張係数の

差が大きく、窒化物系ⅢⅢ-Ⅴ族化合物層には基板との歪みを緩和するために転位などの格子欠陥が発生する。実際、欠陥密度は $10^{10} \sim 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ と非常に高いものとなり、欠陥部分は、電子と正孔とが再結合しても発光しない非発光中心あるいは電流リーク箇所となることから、素子の特性を損なう要因となっていた。

【0004】こうした結晶欠陥を低減させる方法として、近年、横方向成長により結晶層を形成する技術が注目されている。その例として、下地となる窒化物半導体層の上に開口部を有するマスクを形成し、開口部から表出する窒化物半導体層を基礎として窒化物半導体を成長させる方法が挙げられる。その際に成長条件を選べば、開口部から上方に成長する縦方向成長に比べて、開口部からマスクに沿って水平方向に成長する横方向成長のほうが速度が速くなり、結晶は主に横方向に成長する。そして最終的には、横方向成長した結晶同士が会合し、1つの層が形成される。このようにして形成された層においては、開口部の真上にあたる領域および会合部では基礎となる層からの転位が層内を貫通するように伝播するものの、横方向成長領域では転位も横方向に屈曲するために上層部へ伝播することは少ない。よって、その上に成長させる窒化物半導体層に伝播する転位が少なくなり、全体として低欠陥の半導体層を積層することができる。

【0005】その他、サファイア基板上に窒化物系ⅢⅢ-Ⅴ族化合物からなる凸状の結晶部を設け、結晶部を基礎としてその間の離間部に結晶を成長させる技術が提案されている。この場合も横方向成長が支配的であるように成長条件を設定して、結晶部の側面側から積層方向とは異なる方向に成長させることにより前述の方法と同様な横方向成長領域が形成される。

【0006】こうして形成される窒化物半導体層では、横方向成長領域の欠陥密度を $10^4 \sim 10^5 \text{ cm}^{-2}$ にまで低減させ、その上面付近を実質的に無転位とすることも可能である。そこで、これらの技術によって得られる良質な窒化物系ⅢⅢ-Ⅴ族化合物結晶を用いて発光素子の特性を向上させることが望まれているが、そのような場合であっても、横方向成長領域以外の領域に生じる貫通転位が素子特性の劣化を招いていた。

【0007】以上のような欠陥に由来する問題は、サファイア基板などに代えて GaN 等の窒化物系ⅢⅢ-Ⅴ族化合物基板を使用することにより軽減されると考えられ、近年になって検討が進んでいる。窒化物系ⅢⅢ-Ⅴ族化合物よりなる基板は、例えば、サファイアなどよりなる成長用基体の上に成長させた後、成長用基体から分離することにより製造される。この窒化物系ⅢⅢ-Ⅴ族化合物基板を用いるようにすれば、上述の問題を解決出来ると共に、サファイア基板に比して優れた熱伝導性を得ることができ、素子駆動時に効率よく熱を放散することができるという利点がある。また、不純物を添加

して導電性を付与することで基板の裏面に電極を設けることが可能となり、素子サイズが縮小される等の利点を持つ。但し、欠陥密度が 10^6 cm^{-2} 台以下であるような、十分に結晶性が良好である窒化物系III-V族化合物基板は未だ開発されておらず、この種の基板を用いる場合においてもやはり横方向成長技術を利用して結晶欠陥を低減させることが必要となっている。

【0008】なお、基板表面の結晶性を均一にするために、これらの技術では、通常、複数設けられる種結晶やマスクは数 μm 単位の周期構造となっており、転位もそれに伴って周期的に生じている。そのため、基板上面の転位の少ない領域を選択することは可能であり、半導体レーザ等の発光素子（厳密には発光領域を含むストライプ部分）をこのような低欠陥領域上に形成することができた。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、高出力のレーザを作製するにあたり、高出力化のために発光部を例えばストライプ幅が $10 \mu\text{m}$ 程度もあるワイドストライプに設計する場合には、マスクの開口部や結晶部の上部に存在する貫通転位を完全に避けて発光部を形成することは実質上困難であった。そのため、転位に起因する非発光再結合などによる素子特性の劣化、とりわけ発光出力の低下を招く結果となり、ワイドストライプレーザにより 100 mW 以上の高出力を得ることは困難であった。

【0010】なお、1つの基板上に複数の発光部を作り付けたマルチビームレーザは、従来よりプリンタ用途などに開発されてきているが、他に抜きんで優れた特徴を有する（反面、良質の結晶を得ることが難しい）窒化物系III-V族化合物がマルチビームレーザに用いられることはほとんどなく、また、窒化物系III-V族化合物のマルチビームレーザであって、例えば 100 mW 以上であるような高出力レーザが得られることもなかった。

【0011】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、簡易な構成で高出力を達成することが可能な窒化物系III-V族化合物からなるマルチビームの半導体レーザを提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明による半導体レーザは、窒化物系III-V族化合物よりなり、結晶部と離間部とを有する種結晶部と、この種結晶部を基に形成された低欠陥領域、および、種結晶部の離間部に対応する領域に形成された会合部を含む窒化物半導体層と、各々、前記窒化物半導体層の低欠陥領域に対応して電流流入領域を有する複数の発光部とを備えている。

【0013】本発明による半導体レーザでは、全ての発光部が窒化物半導体層の低欠陥領域の上部に設けられるので、個々の発光部は欠陥の影響を避けて材料の本来的

な発光出力で発光する。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0015】〔第1の実施の形態〕図1は本発明の第1の実施の形態に係る半導体レーザの構成を表したものであり、図2は図1の部分拡大図である。この半導体レーザは、窒化物半導体層5の上に発光部20が複数設けられた構造をしている。ここで、基板1は、例えばサファイアからなり、そのc面上にバッファ層2が設けられている。バッファ層2は、種結晶層3を成長させる際の核となるものであり、例えば、厚みが $0.01 \mu\text{m} \sim 2.0 \mu\text{m}$ の不純物を添加しないundoped-GaNからなる。

【0016】種結晶層3は、窒化物系III-V族化合物からなっている。ここでいう窒化物系III-V族化合物とは、ガリウム(Ga)、アルミニウム(Al)、ホウ素(B)あるいはインジウム(In)等のIII族元素群のうちの少なくとも1種とV族元素のうちの少なくとも窒素(N)とを含むものであり、具体的には、厚みが $2 \mu\text{m}$ のundoped-GaNからなり、図2に細線で示したように積層方向に延びる貫通転位が $10^4 \sim 10^6 \text{ cm}^{-2}$ ほど生じている。種結晶層3の上には、帯状に延びる複数の成長抑止層4Aが設けられ、互いに隣接する成長抑止層4Aの間が開口部4Bとなっている。この成長抑止層4Aの厚みは例えば $300 \mu\text{m}$ であり、成長抑止層4Aおよび開口部4Bのそれぞれの幅は、例えば $8 \mu\text{m}$ および $4 \mu\text{m}$ とすることができる。ここでは、成長抑止層4Aおよび開口部4Bは、幅方向に対し所定の間隔で周期的に設けられている。また、成長抑止層4Aは、例えば、二酸化ケイ素(SiO_2)、窒化ケイ素(Si_3N_4)、酸化アルミニウム(Al_2O_3)などの誘電体材料、または、タングステン(W)モリブデン(Mo)などの高融点金属により構成されている。なお、ここでは、開口部4Bから表出する種結晶層3が本発明の「結晶部」に対応し、成長抑止層4Aおよびその上方の領域が本発明の「離間部」に対応している。

【0017】更にその上には、開口部4Bから表出する種結晶層3を基礎として成長抑止層4Aの上に成長させることにより、窒化物半導体層5が形成されている。窒化物半導体層5もまた窒化物系III-V族化合物、例えば、厚みが $10 \mu\text{m}$ のundoped-GaNにより構成され、図2のように、種結晶層3を基礎として開口部4Bから縦方向（層厚み方向） L_1 と横方向（層面に平行方向） L_2 とに成長したものである。この窒化物半導体層5のうち、丁度成長抑止層4Aの真上中央付近には、隣り合う開口部4Bより横方向成長した結晶同士が会合する会合部Mが存在する。なお、種結晶層3の貫通転位は成長抑止層4Aによって伝播が阻止され、開口部4Bから窒化物半導体層5に伝播された転位については、更にその上層部にまで達する貫通転位 D_1 と、成長方向（横

方向 L_2)に湾曲するものとが存在する。

【0018】従って、窒化物半導体層5の上面に伝わる主な転位は、開口部4Bの上部に伝播する貫通転位 D_1 と、会合部Mに沿った貫通転位 D_2 である。これら貫通転位 D_1 、 D_2 は、ここでは成長抑止層4Aおよび開口部4Bと同様の周期で生じている。また、横方向成長領域を含むこれら以外の部分では、転位密度は $10^4 \sim 10^6 \text{ cm}^{-2}$ 程度となっている。

【0019】窒化物半導体層5の上には、n側コンタクト層6、n型クラッド層7、第1のガイド層8、活性層9、第2のガイド層10、p型クラッド層11およびp側コンタクト層12が順次積層されており、発光部20が構成されている。発光部20は、窒化物半導体層5の貫通転位 D_1 、 D_2 の周辺を避け、その横方向成長領域を含む低欠陥領域の上面に形成されており、ここでは、成長抑止層4A、開口部4B(つまりは貫通転位 D_1 、 D_2)の周期に従って周期的に並んでいる。

【0020】n側コンタクト層6は、例えば、厚みが4 μm であり、ケイ素(Si)などのn型不純物を添加したn型Ga_{0.9}Nにより構成されている。n型クラッド層7は、例えば、厚みが0.8 μm であり、ケイ素(Si)などのn型不純物を添加したn型AlGa_{0.9}N混晶により構成されている。第1のガイド層8は、例えば、厚みが0.1 μm のn型Ga_{0.9}Nにより構成されている。

【0021】活性層9は、例えば、不純物を添加しないundoped-GaN混晶により構成され、井戸の厚みが3nm、バリア層の厚みが10nmの多重量子井戸構造となっている。ここでは、活性層9の全体が電流注入領域となっており、電流の注入により発光する。

【0022】更に、第2のガイド層10は、例えば、厚みが0.1 μm であり、マグネシウム(Mg)などのp型不純物を添加したp型Ga_{0.9}Nにより構成されている。p型クラッド層11は、例えば、厚みが0.5 μm であり、マグネシウム(Mg)などのp型不純物を添加したp型AlGa_{0.9}N混晶により構成されている。p側コンタクト層12は、例えば、厚みが0.1 μm のp型Ga_{0.9}Nにより構成されている。

【0023】更に、発光部20の上、すなわちp側コンタクト層12の直上には、p側電極13が全面に形成されている。このp側電極13は、p側コンタクト層12と電気的に接続されており、その平面形状が発光部20と一致している。このようなp側電極13は、例えば、p側コンタクト層12の側よりパラジウム(Pd)、白金(Pt)、金(Au)が順次積層された構造を有している。なお、p側電極13の材料としては、その他にも例えば、ニッケル(Ni)、タンガステン(W)、チタン(Ti)などが挙げられ、Ni/PtやPd/Ptなどの上記パラジウム(Pd)、白金(Pt)と併せた以上の材料のうちから少なくとも2つを組み合わせることも可能である。

【0024】一方、隣り合う発光部20の間には、例えば帯状のn側電極14がn側コンタクト層6の上に設けられている。n側電極14は、例えば、n側コンタクト層6の側から順にチタン(Ti)、アルミニウム(Al)が積層された構造あるいはTi/Pt/Auの積層構造を有しており、n側コンタクト層6と電気的に接続されている。ここでは、このn側電極14もまた発光部20やp側電極13と同様に幅方向に対して周期的に設けられている。

【0025】更に、隣り合う発光部20の対向面すなわち発光部20の側面から、n側コンタクト層6の上のn側電極14が付設されていない領域にかけては、絶縁層15により覆われている。絶縁層15としては、例えば二酸化ケイ素(SiO_2)、窒化ケイ素(SiN)、2酸化ジルコニウム(ZrO_2)や4酸化ジルコニウム(ZrO_4)などの絶縁膜を用いることができる。

【0026】このような構成の半導体レーザは次のようにして製造することができる。なお、以下で参照する各工程図には、1つの半導体レーザの一部を代表として示している。

【0027】まず、図3(A)に示したように、複数の半導体レーザ形成領域を有すると共に、例えばサファイアよりなる厚さ400 μm の基板1を用意し、MOCVD法により、基板1のc面にundoped-GaNよりなるバッファ層2を形成する。その際、例えば、基板1の温度は520℃と低くし、非晶質に近い結晶層を成長させる。また、原料にはトリメチルガリウム($(\text{CH}_3)_3\text{Ga}$)とアンモニア(NH_3)を用いる。

【0028】次に、バッファ層2の上に、例えばMOCVD法により同様にundoped-GaNよりなる種結晶層3を形成する。但し、基板1の温度は例えばバッファ層2を成長させる場合よりも高温の1020℃とし、結晶層を成長させる。なお、この種結晶層3には図2において細線で示したように高密度の貫通転位が存在している。

【0029】続いて、図3(B)に示したように、種結晶層3の上に、帯状に延長された複数の開口部4Bと成長抑止層4Aとをそれぞれ形成する。ここでは、これらは幅方向に対して所定の間隔で設けられる。具体的には、まず、例えばCVD(Chemical Vapor Deposition)法により基板1の温度を300℃として二酸化ケイ素層を形成し、その上に図示しないレジスト膜を塗布形成してフォトリソグラフィにより複数の平行な帯状のマスクパターンを形成し、更にこれをマスクとしてエッチングを行い、二酸化ケイ素層を除去する。残された二酸化ケイ素層が成長抑止層4Aであり、それ以外の除去部分が開口部4Bに相当する。

【0030】次に、図3(C)に示したように、成長抑止層4の上に、例えばMOCVD法によりundoped-GaNよりなる窒化物半導体層5を成長させる。このとき、

初めは各開口部4 Bにおいてその幅方向の断面が三角形となるような選択成長が行なわれる。これらの結晶領域には、種結晶層3からの貫通転位が伝播している。更に成長が進むと、横方向成長の方が縦方向成長より速度が速いために、各開口部4 Bにおける結晶は幅方向の断面が台形状となり、横方向成長によって次第に両脇のマスク部4 Aの上部を覆ってゆく。横方向には貫通転位は伝播しないので、マスク部4 Aの上部に貫通転位はほとんど存在しない。また同時に、開口部4 Bを通過してきた転位は、そのまま上層部に伝播する貫通転位D₁があるものの、横方向に屈曲してゆく。そして遂には、隣り合う開口部4 Bから横方向に成長した結晶がマスク部4 Aの真上中央付近にて会合し、会合部Mが形成されると共に、この会合部Mに向かって収束した転位が窒化物半導体層5を貫く貫通転位D₂となる。このようにして会合した結晶を十分に成長させると、上部が平坦面となり、窒化物半導体層5が1つの層として形成される(図2参照)。

【0031】従って、窒化物半導体層5では、各開口部4 Bの上部および各会合部Mに層上面にまで達するような貫通転位D₁、D₂が周期的に生じると共に、これら以外のマスク部4 Aの上部にあたる領域、すなわち横方向成長領域は、転位が少なく欠陥密度が非常に低い低欠陥領域となる。

【0032】次に、図4に示したように、窒化物半導体層5の上に、例えば、n型Ga_{0.5}Nよりなるn側コンタクト層6、n型AlGa_{0.5}Nよりなるn型クラッド層7、n型Ga_{0.5}Nよりなる第1のガイド層8、undoped-Ga_{0.5}In_{0.5}Nよりなる活性層9、p型Ga_{0.5}Nよりなる第2のガイド層10、p型AlGa_{0.5}Nよりなるp型クラッド層11およびp型Ga_{0.5}Nよりなるp側コンタクト層12を例えばMOCVD法を用いて順次成長させる。

【0033】なお、その際には、例えば、基板1の温度は800~1000℃とし、アルミニウムの原料としてはトリメチルアルミニウム((CH₃)₃Al)、ガリウムの原料としてはトリメチルガリウム、インジウムの原料としてはトリメチルインジウム((CH₃)₃In)および窒素の原料ガスとしてはアンモニアガスをそれぞれ用いる。また、n型不純物としてケイ素を添加する場合には、ケイ素の原料ガスとしてモノシランガス(SiH₄)を用い、p型不純物としてマグネシウムを添加する場合には、マグネシウムの原料としてビス=メチルシクロペンタジエニルマグネシウム((CH₃)₂C₅H₅)₂Mg)あるいはビス=シクロペンタジエニルマグネシウム((C₅H₅)₂Mg)をそれぞれ用いる。

【0034】これにより、n側コンタクト層6~p側コンタクト層12の各層には、開口部4 Bからの貫通転位D₁および会合部Mからの貫通転位D₂が伝播し、その部位は周期的に形成された高欠陥領域となる一方、それ以外の部位では良好な結晶性が得られる。

【0035】次に、図5に示したように、p側コンタクト層12の上に、帯状に延長された複数のp側電極13を例えばフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を用いて所定の位置に形成する。p側電極13は次に説明するストライプ形成の際のマスクとしても機能するものであり、ここでは、各p側電極13が、窒化物半導体層5における開口部4 B、会合部Mの上部にあたる高欠陥領域を避け、窒化物半導体層5において比較的欠陥である領域の上部に位置するように所定の間隔で周期的に設けられる。

【0036】次に、図6に示したように、このp側電極13をマスクとして、例えばRIE(Reactive Ion Etching; 反応性イオンエッチング)などのドライエッチングを行い、p側コンタクト層12、p型クラッド層11、第2のガイド層10、活性層9、第1のガイド層8およびn型クラッド層7を順次選択的に除去し、n側コンタクト層6を露出させる。これにより、平面形状がp側電極と一致するストライプ状の発光部20が、所定の間隔で周期的に形成される。従って、この発光部20はp側電極13と同じく低欠陥領域に形成され、逆に、このときエッチング除去される部分は、開口部4 B、会合部Mの上部にあたる高欠陥領域となる。

【0037】次に、図7に示したように、各発光部20の両側面および露出した各n側コンタクト層6の上に、例えば蒸着法により二酸化ケイ素からなる絶縁層15を形成する。更に、n側コンタクト層6の上の絶縁層15に開口を設け、そこに帯状に延長された複数のn側電極14を所定の間隔で周期的に形成する。具体的には、絶縁層15の所定位置を開口し、例えば真空蒸着法によりチタン(Ti)、アルミニウム(Al)および金(Au)を順次蒸着して形成する。

【0038】そののち、基板1を例えば80μm程度の厚さとなるように研削する。更に、基板1をp側電極13の長さ方向と垂直に所定の幅で劈開し、その劈開面に図示しない反射鏡膜を形成する。

【0039】なお、このような複数の発光部20を有する半導体レーザでは、一般に、個々の発光部上部に設けられた電極とリード線との接続不良を防止するため、半導体レーザはそれぞれの電極用に配線が設けられた配線基板の上に固定される。例えば、特開平5-335685号公報に開示された技術によれば、図17のように、配線基板100の上の電極配線101に対して発光部の上部側の電極113および発光部の基底部側の電極114が接続される。発光部の基底部側の電極114は複数の発光部の両端の計2カ所に設けられており、2つの電極が全ての発光部と導通するようになっている。本実施の形態においても、n側電極14をそれぞれの発光部20の共通電極として用いて、図1のような半導体レーザを例えば配線基板100のような基板上に設置し配線を施すことが可能である。

【0040】しかしながら、ここでは、個々の発光部20に対して1つずつn側電極14を設けるようにしている。n側電極14を共通電極とすれば、それぞれの発光部におけるp側電極13と共通電極との距離がそれぞれ異なることとなり、より電極から遠い発光部では電極間の電圧あるいは抵抗が増大し、素子の動作特性に影響がでるためである。従って、配線基板には、n側電極14に対してもそれぞれに電極配線を設ける方が、より好ましい。

【0041】この半導体レーザでは、p側電極13とn側電極14の間に所定の電圧が印加されると、活性層9に電流が注入され、電子-正孔再結合により発光が起こる。ここでは、p側電極13と発光部20の平面形状が一致しているために、活性層9の全部がp側電極13から電流が注入される電流注入領域となっている。また、発光部20は窒化物半導体層5の低欠陥領域に形成されているので、欠陥部分にレーザ光が吸収されることによる劣化が起こりにくく、駆動中の動作電流の増大が抑えられ、素子の寿命が長くなると共に発光出力が向上する。

【0042】このように本実施の形態に係る半導体レーザによれば、種結晶層3の上に開口部4Bを有する成長抑止層4Aを設け、開口部4Bから表出する種結晶層3を基礎として横方向成長により窒化物半導体層5を形成し、なおかつ、窒化物半導体層5における転位および欠陥の少ない低欠陥領域の上に発光部20を設けるようにしたので、発光部20内部の各層についても貫通転位の密度が低く、低欠陥となっている。同時に、多数の貫通転位 D_1 、 D_2 が存在し、高欠陥領域となっている開口部4B、会合部M付近は、発光部20の形成によって削除される。よって、貫通転位などに起因する非発光再結合の割合を小さくすることができ、発光効率を向上させ出力を増大させることができる。また、活性層9に代表される発光部20の各窒化物半導体層は、欠陥に起因する劣化が起こりにくく、長寿命化を図ることができる。

【0043】また、本実施の形態では、成長抑止層4Aおよび開口部4Bの間隔に周期性をもたせることにより、窒化物半導体層5に生じる貫通転位 D_1 、 D_2 の位置を制御し、予め決められる周期間隔で発光部20を形成するようにしたので、複数の発光部20を、一度に簡便な方法で精度良く窒化物半導体層5の所望の領域上に形成することができる。

【0044】更に、p側電極13を直接p側コンタクト層12の直上に設けるようにしたので、コンタクト抵抗を低減することができる。また、p側電極13をマスクとして発光部20のストライプを形成するようにしたので、このような半導体レーザを簡易な構造とすることができ、簡便な方法で製造することができる。

【0045】また、共通電極を設けず、個々の発光部20に対してn側電極14を設けるようにしたので、全て

の発光部20を同時に動作させることができ、発光部20の各々から所望の特性を得ることができる。

【0046】〔第2の実施の形態〕図8は第2の実施の形態に係る半導体レーザの構成を表したものであり、図9は図8の部分拡大図である。この半導体レーザは、基板31の上に設けられる種結晶部33から窒化物半導体層35が成長すること、および、この窒化物半導体層35がn側コンタクト層として機能することを除いては、第1の実施の形態と同様である。従って、第1の実施の形態と同一の構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0047】基板31は、例えばサファイアからなり、そのc面からなる上面に所定の間隔でエッチング等により掘り込まれる凹部31Bを有している。基板31の凹部31B以外の上面には、例えばストライプ状に結晶部33Aが設けられ、隣接する結晶部33Aの間は離間部33Bとなっている。

【0048】結晶部33Aは、窒化物半導体層35を成長させる際の核となるものであり、例えば、厚みが2 μ mの不純物を添加しないundoped-GaNからなる。これら結晶部33Aおよび離間部33Bのそれぞれの幅は、例えば、2 μ m~4 μ mおよび10 μ m~20 μ mであり、ここでは、これらが交互に周期的に設けられるようになっている。なお、結晶部33Aには、図9に細線で示すように、積層方向に延びる貫通転位 D_1 が生じており、その転位密度は非常に高い。

【0049】更にその上には、窒化物半導体層35が設けられている。窒化物半導体層35は、例えば、厚みが4 μ mのn型不純物としてケイ素(Si)を添加したn型GaNにより構成される。なお、図9のように、窒化物半導体層35は結晶部33Aを基礎として縦方向(層厚み方向) L_1 と横方向(層面に平行方向) L_2 とに成長したものであり、離間部33Bの丁度中央付近には、隣り合う結晶部33Aから横方向成長した結晶同士が会合する会合部Mが存在する。ここでは、凹部31Bにより窒化物半導体層35が基板31との間に隙間を生じるようになっており、両者が接触して窒化物半導体層35に転位が生じることが防止されている。このとき、結晶部33Aの貫通転位 D_1 は、上面の縦方向成長領域には伝播するが、横方向成長領域に伝わることはない。一方、横方向成長領域では、会合部Mに沿って貫通転位 D_2 が生じる。従って、窒化物半導体層35において、その上面にまで伝播される主要な転位はこれら貫通転位 D_1 、 D_2 であり、これらの周辺部以外の領域は、転位の密度が $10^4 \sim 10^6 \text{ cm}^{-2}$ 程度と低く、欠陥が少ない低欠陥領域となっている。なお、ここでは、貫通転位 D_1 、 D_2 もまた結晶部33Aおよび離間部33Bと同様の周期で生成している。

【0050】このような窒化物半導体層35の上には、n側コンタクト層6、n型クラッド層7、第1のガイド

層8、活性層9、第2のガイド層10、p型クラッド層11およびp側コンタクト層12が第1の実施の形態と同様に順次積層され、発光部20が構成されている。また、隣り合う発光部20の間には、n側電極14がn側コンタクト層6の上に設けられており、更に、隣り合う発光部20の対向面からn側コンタクト層6の上のn側電極14が付設されていない領域にかけて絶縁層15が設けられている。

【0051】次に、このような半導体レーザの作製方法を図8、図9および図10～図15を参照しながら説明する。

【0052】まず、図10(A)に示したように、複数の半導体レーザ形成領域を有すると共に例えばサファイアよりなる厚さ400 μ mの基板31を用意し、基板31のc面上に、例えばMOCVD法により不純物を添加しないundoped-GaNの結晶を2 μ m程度の厚みに成長させ、後述する種結晶部33(図11参照)を形成するための種結晶層用成長層33aを形成する。なお、MOCVDは、常圧雰囲気中、減圧雰囲気中または加圧雰囲気中のいずれの雰囲気中においても行うことが可能であるが、良質の結晶を得るには、加圧雰囲気中において行うことが好ましい。

【0053】次いで、図10(B)に示したように、例えば、CVD法により二酸化ケイ素(SiO₂)よりなる絶縁膜34を形成する。なお、この絶縁膜34は、窒化ケイ素(Si₃N₄)などにより形成することもでき、窒化ケイ素膜と二酸化ケイ素膜との積層構造としてもよい。

【0054】そののち、図10(C)に示したように、絶縁膜34を部分的に除去し、例えば帯状に延長される所定形状を選択的に形成する。具体的には、まず絶縁膜34の上にストライプ状のフォトリソ膜を成膜し、更に、このフォトリソ膜をマスクとして例えばRIEにより絶縁膜34を部分的に除去したのちに、フォトリソ膜を除去する。

【0055】次に、図11(A)に示したように、絶縁膜34をマスクとして、例えば塩素ガス(Cl₂)をエッチングガスとしたRIEを行って、種結晶層用成長層33aの絶縁膜34に覆われていない部分を除去する。これにより、種結晶層用成長層33aは、所定の間隔で結晶部33Aと離間部33Bとが交互に並ぶ種結晶部33となる。

【0056】続いて、絶縁膜34をマスクとして例えばRIEを行い、更に、基板31の絶縁膜34に覆われていない部分を除去する。具体的には、例えば、エッチングガスに塩素ガスをを用い、基板温度0℃、圧力0.5Paの条件で行う。これにより、基板31の上面に凹部31Bが離間部33Bと連続するように形成される。なお、この基板31に対するエッチング工程は、種結晶層用成長層33aのエッチングと連続的に行ってもよく、

別工程として行うこともまた可能である。

【0057】この凹部31Bの深さは100nm以上であることが好ましい。後述する窒化物半導体層35(図12参照)は、結晶部33Aからの横方向成長が真横ではなく、若干基板31側に進行し、基板31と接触する可能性がある。また、凹部31Bが設けられていない場合には、窒化物半導体層35は基板31と接触するように成長するが、その場合に横方向成長した結晶同士が会合せず、実質的に平坦な面が得られない虞がある。以上を回避し、窒化物半導体層35と基板31との接触を効果的に防止するためには、凹部31Bの深さを充分にとる必要があるからである。

【0058】次に、図11(B)に示したように、例えば、エッチング剤としてフッ化水素(HF)を含む水溶液を用いたエッチングを行って絶縁膜13を除去する。

【0059】次に、図12に示したように、例えばMOCVD法を用いてn型不純物としてケイ素(Si)を添加したn型GaNの結晶を4 μ m程度成長させることにより、窒化物半導体層35を形成する。このとき、GaNの結晶成長は、結晶部33Aの上面および離間部33Bに面する側壁面からそれぞれ縦方向(層厚み方向)L₁と横方向(層面に平行方向)L₂とに進行する(図9)。その際に、縦方向L₁では結晶部33Aの有する貫通転位D₁が伝播される。一方、横方向L₂では、貫通転位D₁は横方向に屈曲してゆき、ほとんど存在しない。従って、離間部33Bにあたる領域に形成される横方向成長領域は、貫通転位の密度が低く、低欠陥領域となる。

【0060】ここで、結晶の横方向成長の速度は縦方向成長の速度よりも速く設定される。そのため、離間部33Bにあたる領域は、それぞれの結晶部33Aを基礎として成長する結晶で覆われてゆき、遂には、隣り合う結晶同士が離間部33Bのほぼ中央付近で会合して会合部Mが形成されると共に、この会合部Mに向かって収束した転位が窒化物半導体層35を貫く貫通転位D₂となる。このようにして会合した結晶を十分に成長させると、上部が平坦面となり、窒化物半導体層35が1つの層として形成される。本実施の形態では、基板31に凹部31Bを設けているので、既に述べたように、横方向に成長した結晶が基板31に接触して欠陥が発生することが防止される。また、貫通転位D₁、D₂は、結果的に結晶部33Aおよび離間部33Bと同様の周期を有するように形成される。

【0061】次に、図13に示したように、窒化物半導体層35の上に、第1の実施の形態と同様にして、n型クラッド層7、第1のガイド層8、活性層9、第2のガイド層10、p型クラッド層11およびp側コンタクト層12を順次成長させ、p側コンタクト層12の上の所定の位置にp側電極13を形成する。このとき、p側電極13は、例えばストライプ形状であり、窒化物半導体

層 35 において結晶部 33A の上に生じる貫通転位 D_1 、および会合部 M に生じる貫通転位 D_2 の上部を避け、窒化物半導体層 35 の低欠陥領域の上部に位置するように所定の間隔で周期的に形成される。

【0062】その後は図 14 に示したように、第 1 の実施の形態と同様に p 側電極 13 をマスクとしたドライエッチングにより、p 側コンタクト層 12、p 型クラッド層 11、第 2 のガイド層 10、活性層 9、第 1 のガイド層 8 および n 型クラッド層 7 を順次選択的に除去すると共に窒化物半導体層 35 を露出させる。これにより、p 側電極 13 と一致する平面形状の発光部 20 が複数形成される。従って、この発光部 20 では、活性層 9 の全面が p 側電極 13 から電流が注入される電流注入領域となる。なお、発光部 20 は p 側電極 13 と同様に所定の間隔で周期的に低欠陥領域に形成されるので、エッチング除去される部分は窒化物半導体層 35 における貫通転位 D_1 、 D_2 の上部にあたる高欠陥領域となっている。

【0063】続いて、図 15 に示したように、第 1 の実施の形態と同様の方法により発光部 20 の両側面および露出した窒化物半導体層 35 の上に絶縁層 15 を形成し、窒化物半導体層 35 の上に、帯状に延長された複数の n 側電極 14 を所定の間隔で形成する。

【0064】そのうち、基板 31 を例えば $80\mu\text{m}$ 程度の厚さとなるように研削する。更に、基板 31 を p 側電極 13 の長さ方向と垂直に所定の幅で劈開し、その劈開面に図示しない反射鏡膜を形成する。

【0065】なお、このようにして作製される半導体レーザも、第 1 の実施の形態と同様に p 側電極 13 および n 側電極 14 が発光部 20 毎に独立して配線されるように配線基板上で電極配線を施すことができ、n 側電極 14 については図 16 のように共通電極を設けるようにすることもまた可能である。

【0066】この半導体レーザでは、窒化物半導体層 35 のうち、結晶部 33A の上部および会合部 M にのみ貫通転位 D_1 、 D_2 が周期的に存在し、それ以外の領域は貫通転位の密度が低く欠陥が少ない低欠陥領域となっている。発光部 20 は、この低欠陥領域に所定の間隔で周期的に形成されており、同時に、欠陥密度の高い結晶部 33A の上部付近および会合部 M 付近は、発光部 20 の形成時に削除されている。よって、発光部 20 の電流注入領域では非発光再結合の割合が減少し、発光効率が向上して、素子の出力が増大する。また、電圧の印加による劣化が起りにくく、素子の寿命が長くなる。

【0067】このように、本実施の形態に係る半導体レーザにおいても第 1 の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

【0068】〔第 3 の実施の形態〕図 16 は第 3 の実施の形態に係る半導体レーザの構成を表している。この半導体レーザは、第 1 の実施の形態に係る半導体レーザにおいて窒化物半導体層 5 の下層部分が成長抑止層 4A と

共に除去され、かつ、窒化物半導体層 5 をコンタクト層とする構造をしている。また、上記の実施の形態では n 側電極 14 はコンタクト層 6 の上に設けられるが、本実施の形態では、n 側電極 44 が窒化物半導体層 45 の裏面に設けられている。これ以外の第 1 の実施の形態と同一の構成要素には同一の符号を付して、ここでは説明を省略する。

【0069】窒化物半導体層 45 は、窒化物半導体層 5 と同様の方法で成長させた窒化物系 III-V 族化合物からなる半導体層である。従って、この半導体レーザを製造する場合も、まず、第 1 の実施の形態に説明した要領で基板 1 の上にバッファ層 2、種結晶層 3 を成長させ、開口部 4B を有する成長抑止層 4A を形成し、その上に窒化物半導体層 5 を十分な厚みに成長させる。その後、窒化物半導体層 5 を成長抑止層 4A を含む下層部分において基板 31 から分離することによって、窒化物半導体層 45 が得られる。

【0070】この窒化物半導体層 45 においても、開口部 4B、会合部 M に層上面にまで達するような貫通転位 D_1 、 D_2 が周期的に生じており、横方向成長領域を含んだそれ以外の領域は、転位および欠陥が少ない低欠陥領域となっている。そこで、この低欠陥領域の上に発光部 20 を形成する。ここでもまた、p 側電極 13 をマスクとして発光部 20 を形成することができる。但し、n 側電極 44 については、共通電極として窒化物半導体層 45 の裏側全面に形成される。

【0071】この場合、2 つの電極間距離はいずれの発光部 20 においても等しくなり、発光部 20 によって電圧が変動することを防止できる。また、電極配線に関しては、n 側電極 44 には直にボンディングするなどして簡単に配線を施すことができる。よって、配線基板には p 側電極 13 に対して配線するだけでよい。

【0072】従って、本実施の形態によれば、第 1 の実施の形態と同じ効果の他、より小型のレーザが得られ、配線が簡易にできるという効果が得られる。なお、この半導体レーザは、第 2 の実施の形態に説明した方法で窒化物半導体 35 を形成し、その下層部分を結晶部 33A と共に除去して得られる層を窒化物半導体層 45 として製造することもできる。この場合には、凹部 31B を含む面で窒化物半導体層 35 を基板 31 から分離すると、比較的容易に基板 31 を除去することができる。また、先に発光部 20 まで形成してから窒化物半導体層 5 (あるいは窒化物半導体層 35) の基板 1 (あるいは基板 31) 側部分を分離除去する方法で製造することも可能である。

【0073】以上、実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、種々変形可能である。例えば、上記の実施の形態では、発光部 20 は活性層 9 の上下に p 型と n 型の半導体層がそれぞれ積層された単純な構造としたが、本発明は

発光部の構造に関係なく適用することができる。例えば、p側コンタクト層およびp型クラッド層の上部を幅の狭いリッジ構造としたり、また、p型ガイド層の上面に電流狭窄層を設けた内部ストライプ構造としたりしてもよく、このような利得導波型構造だけでなく屈折率導波型の構造あるいは双方を兼ね備えるような構造としてもよい。

【0074】また、上記各実施の形態における半導体レーザの発光部20は、発光部の一構成例であって、例えば、ガイド層8および10を備えていなくてもよく、第2の実施の形態に係る半導体レーザにおいて基板31と種結晶部33との間に非晶質に近い窒化物系III-V族化合物結晶よりなるバッファ層を備えるようにしてもよい。また、第2の実施の形態においては、窒化物半導体層35をn側コンタクト層としてレーザを構成するようにしたが、窒化物半導体層35の上に別途n側コンタクト層を設けるようにしてもよい。

【0075】また、上記第2の実施の形態では、絶縁膜34を除去した後に窒化物半導体層35を形成するようにしたが、種結晶部33（結晶部33A）の上の絶縁膜34を除去せずに窒化物半導体層35を形成するようにしてもよい。その場合、絶縁膜34により貫通転位 D_1 が遮断されて種結晶層12からの貫通転位 D_1 の伝播が防止される。従って、窒化物半導体層35には会合に起因する貫通転位 D_2 を除き結晶欠陥がほとんど存在せず、その上側に優れた結晶性を有する窒化物系III-V族化合物を得ることが可能となる。但し、窒化物半導体層35を成長させる際に絶縁膜34の構成材料が不純物として混入すると、半導体レーザの特性を劣化させる虞もあるので、製造方法は適宜選択することが好ましい。

【0076】更に、上記各実施の形態では、MOCVD法により窒化物系III-V族化合物半導体を形成する場合について説明したが、半導体層の成長方法は任意であり、その他にも、例えばMBE（Molecular Beam Epitaxy；分子線エピタキシー）法やMOVPE（Metal Organic Vapor Phase Epitaxy；有機金属気相成長）法、HVPE（ハイドライド気相成長）法などの気相成長法により形成することができる。

【0077】上記各実施の形態では、種結晶層3、結晶部33Aをはじめ、コンタクト層、ガイド層をGaNにより形成し、クラッド層をAlGaN混晶により形成し、活性層をInGaN混晶により形成するようにしたが、これらの層をIII族元素のうちの少なくとも1種と窒素とを含む他の窒化物系III-V族化合物半導体により形成するようにしてもよい。

【0078】加えて、上記第1および第2の実施の形態では、サファイアからなる基板1、31を用いるようにしたが、これに限らずどのような材質の基板を用いてもよい。例えば、Si、SiC、GaN、GaAs、Mg

Al₂O₃、LiGaO₂等を基板とすることができる。このうちGaN基板は、サファイア等の成長用基体の上にハイドライド気相成長法あるいはハライド気相成長法により成長させた後、成長用基体と分離することにより得ることができ、上記第3の実施の形態における窒化物半導体層45として用いることができる。

【0079】

【発明の効果】以上説明したように本発明の半導体発光素子によれば、種結晶部を基に形成された低欠陥領域、および、離間部に対応する領域に形成された会合部を含む窒化物半導体層と、各々、窒化物半導体層の低欠陥領域に対応して電流注入領域を有する複数の発光部とを備えるようにしたので、個々の発光部における転位や欠陥が低減し、結晶性を向上させることができる。従って、素子の発光効率を改善し、高出力化を図ることができる。

【0080】特に、請求項4に記載の半導体発光素子によれば、発光部の上部には第1の伝導型の電極が設けられ、発光部は前記第1の伝導型の電極と平面形状が同一であるようにしたので、複数の発光部を第1の伝導型の電極をマスクとしたエッチングなどの簡易な方法で一度に精度良く得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る半導体レーザの構成を表す図である。

【図2】図1の部分拡大図である。

【図3】図1の半導体レーザの製造方法を説明するための断面図である。

【図4】図3に続く製造工程を説明するための断面図である。

【図5】図4に続く製造工程を説明するための断面図である。

【図6】図5に続く製造工程を説明するための断面図である。

【図7】図6に続く製造工程を説明するための断面図である。

【図8】本発明の第2の実施の形態に係る半導体レーザの構成を表す図である。

【図9】図8の部分拡大図である。

【図10】図8の半導体レーザの製造方法を説明するための断面図である。

【図11】図10に続く製造工程を説明するための断面図である。

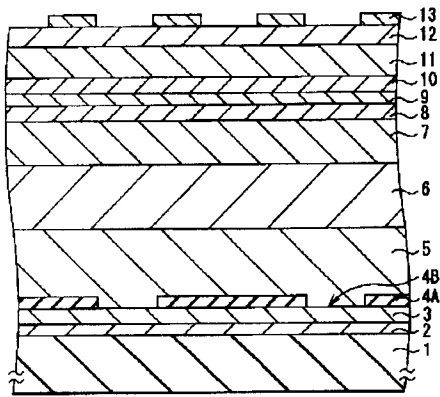
【図12】図11に続く製造工程を説明するための断面図である。

【図13】図12に続く製造工程を説明するための断面図である。

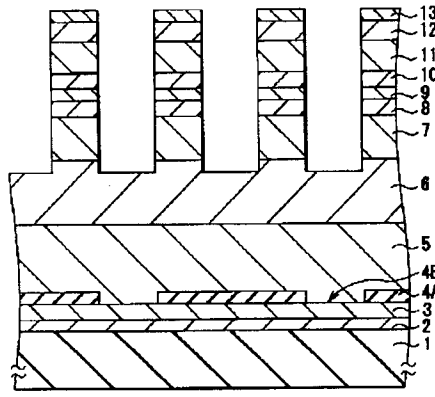
【図14】図13に続く製造工程を説明するための断面図である。

【図15】図14に続く製造工程を説明するための断面

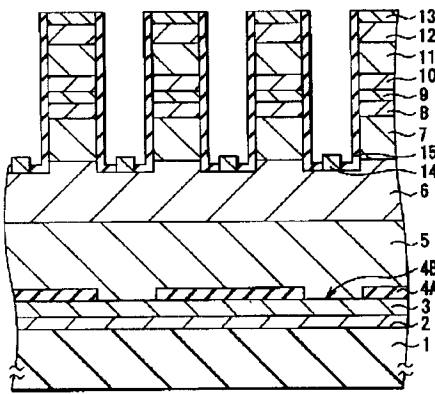
【図5】



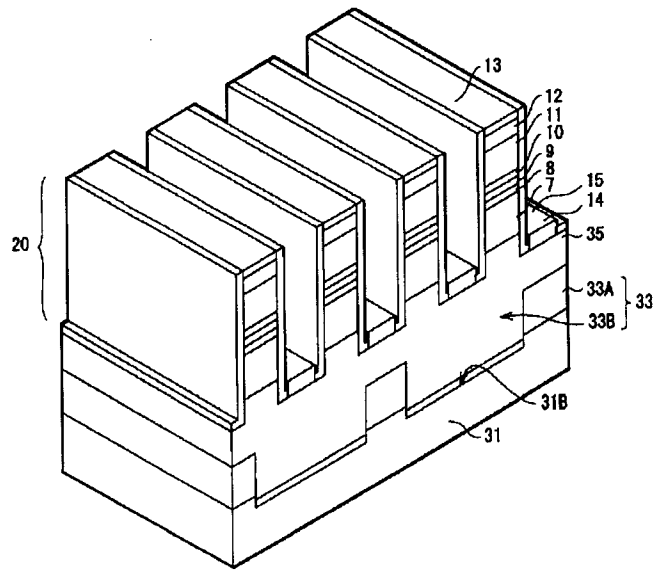
【図6】



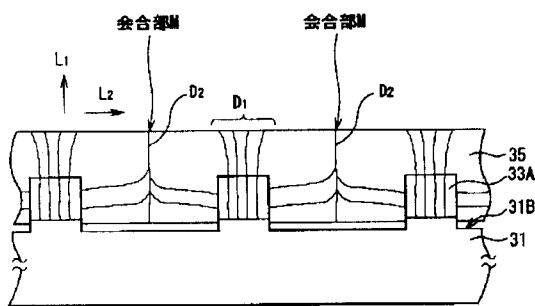
【図7】



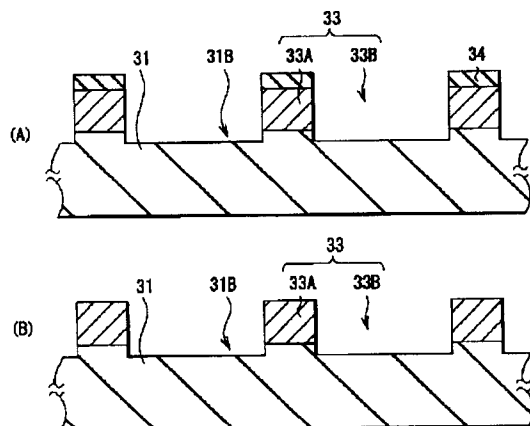
【図8】



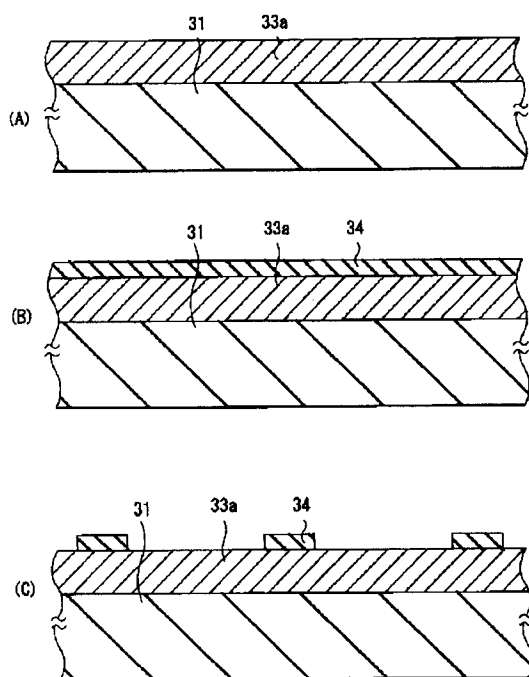
【図9】



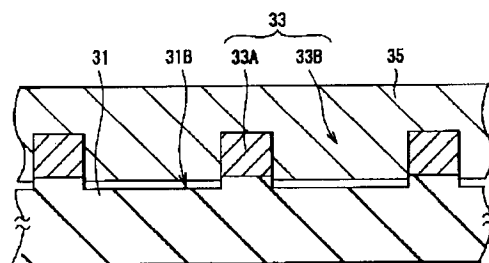
【図11】



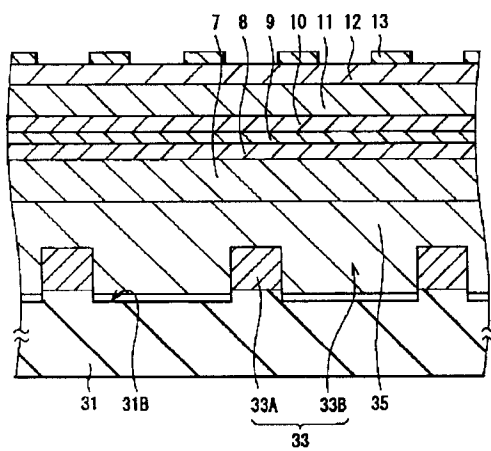
【図10】



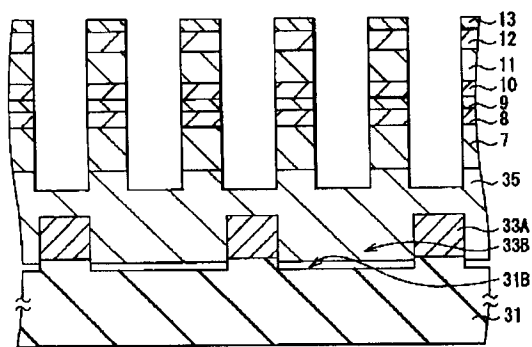
【図12】



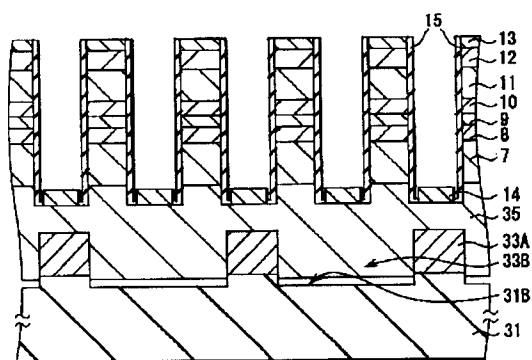
【図13】



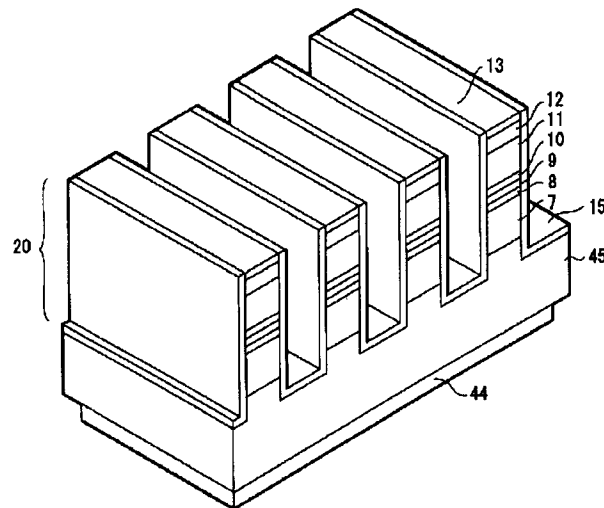
【図14】



【図15】



【図16】



【図17】

